

Умаров Фаррух Умарович¹ <https://orcid.org/0009-0008-9820-3821>

Расулов Лазизбек Хасан угли²

1. Ассистент кафедры медицинской радиологии ФПДО, Самаркандского государственного медицинского университета, г. Самарканд, Узбекистан
2. Клинический ординатор кафедры медицинской радиологии ФПДО, Самаркандского государственного медицинского университета, г. Самарканд, Узбекистан

ОПТИМИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НИЗКОДОЗОВЫХ РЕНТГЕН-ПРОТОКОЛОВ В ПЕДИАТРИИ

Аннотация

В данной статье рассматриваются вопросы оптимизации уровня безопасности и диагностической эффективности применения низкодозовых рентгеновских протоколов в педиатрической практике. Учитывая высокую чувствительность детского организма к ионизирующему излучению, снижение лучевой нагрузки при проведении рентгенологических исследований является одной из ключевых задач современной радиологии. В исследовании проанализирована эффективность низкодозовых технологий, цифровых детекторов, автоматического контроля экспозиции (АЕС), фильтрации и коллимации как технических подходов. Кроме того, рассматриваются стратегии минимизации облучения без снижения диагностического качества, стандартизация протоколов на основе принципа ALARA, выбор возраст-соответствующих параметров. Статья завершается научно-практическими предложениями, направленными на создание безопасной диагностической среды в педиатрической радиологии.

Ключевые слова: педиатрия, низкодозовая рентгенография, радиационная безопасность, диагностическая эффективность, ALARA, АЕС, радиология, педиатрические протоколы визуализации.

Umarov Farrux Umarovich¹

Rasulov Lazizbek Xasan o'g'li²

1. Samarqand davlat tibbiyot universiteti
DKTF Tibbiy radiologiya kafedrası assistenti
Samarqand, Uzbekiston
2. Samarqand davlat tibbiyot universiteti
DKTF Tibbiy radiologiya kafedrası klinik ordinatori,
Samarqand, Uzbekiston

PEDIATRIYADA PAST DOZALI RENTGEN PROTOKOLLAR XAVFSIZLIGI VA DIAGNOSTIK SAMARADORLIGINI OPTIMALLASHTIRISH

Annotatsiya

Ushbu maqolada pediatriya amaliyotida past dozali rentgen protokollarini qo'llashning xavfsizlik darajasi va diagnostik samaradorligini optimallashtirish masalalari yoritiladi. Bolalar organizmining ionlashtiruvchi nurlanishga yuqori sezuvchanligi sababli, rentgen tekshiruvlarida nurlanish

yuklamasini kamaytirish zamonaviy radiologiyaning asosiy vazifalaridan biri hisoblanadi. Tadqiqotda past dozali texnologiyalar, raqamli detektorlar, avtomatik ekspozitsiya nazorati (AEC), filtratsiya va kollimatsiya kabi texnik yondashuvlarning samaradorligi tahlil qilingan. Shuningdek, ALARA tamoyili asosida protokollarni standartlashtirish, yoshga mos parametrlar tanlovi va diagnostik sifatni pasaytirmasdan nurlanishni minimallashtirish strategiyalari ko'rib chiqiladi. Maqola pediatrik radiologiyada xavfsiz diagnostik muhit yaratishga qaratilgan ilmiy-amaliy takliflar bilan yakunlanadi. **Kalit so'zlar:** pediatriya, past dozali rentgen, nurlanish xavfsizligi, diagnostik samaradorlik, ALARA, AEC, radiologiya, bolalar tasvirlash protokollari.

Umarov Farrukh Umarovich¹

Rasulov Lazizbek Xasan ugli²

1. Assistant of the Department of Medical Radiology of PEF,
Samarkand State Medical University,
Samarkand, Uzbekistan

2. Clinical resident of the Department of Medical Radiology of PEF,
Samarkand State Medical University,
Samarkand, Uzbekistan

OPTIMIZATION OF SAFETY AND DIAGNOSTIC EFFECTIVENESS OF LOW-DOSE X-RAY PROTOCOLS IN PEDIATRICS

Abstract

This article addresses the optimization of safety and diagnostic efficiency in the use of low-dose X-ray protocols in pediatric practice. Due to the high sensitivity of the pediatric body to ionizing radiation, reducing radiation exposure during X-ray examinations is one of the primary tasks of modern radiology. The study analyzes the effectiveness of low-dose technologies, digital detectors, automatic exposure control (AEC), filtration, and collimation as technical approaches. In addition, strategies for minimizing radiation without compromising diagnostic quality, standardizing protocols based on the ALARA principle, and selecting age-appropriate parameters are discussed. The article concludes with scientific and practical recommendations aimed at creating a safe diagnostic environment in pediatric radiology.

Keywords: pediatrics, low-dose X-ray, radiation safety, diagnostic efficiency, ALARA, AEC, radiology, pediatric imaging protocols.

Введение

Педиатрическая радиология в последние годы является одной из стремительно развивающихся областей, и роль рентгенодиагностики в раннем выявлении заболеваний у детей трудно переоценить. В то же время, вследствие биологических особенностей детского организма, высокой скорости клеточного деления и повышенной чувствительности к ионизирующему излучению, риски лучевого воздействия у детей значительно выше, чем у взрослых. Поэтому обеспечение безопасности каждого рентгенологического исследования, минимизация лучевой нагрузки и сохранение диагностического качества являются приоритетными направлениями современной медицины.

Сегодня во всём мире в радиологической практике основным стандартом принят принцип «as low as reasonably achievable (ALARA)», предполагающий снижение воздействия ионизирующего излучения до максимально возможного минимального уровня. Внедрение низкодозовых рентгенопротоколов, развитие технологий цифровых детекторов, применение автоматического контроля экспозиции, дополнительной фильтрации, коллимации и возраст-специфичных технических параметров позволяют значительно повысить безопасность диагностического процесса.

Тем не менее, в практической деятельности полноценное и корректное внедрение низкодозовых протоколов связано с рядом трудностей: качеством технического оборудования, квалификацией специалистов, клинической вариабельностью, достаточностью качества изображения и необходимостью стандартизации протоколов. Все эти факторы требуют комплексного научного подхода к оптимизации методов низкодозовой рентгенографии в педиатрии.

Данная статья посвящена анализу вопросов повышения безопасности и диагностической эффективности низкодозовых рентгенопротоколов в педиатрии, рациональному использованию современных технологических возможностей, а также стандартизации диагностического процесса. На основе существующей научной литературы, практического опыта и технологических решений разработаны и предложены оптимальные подходы для педиатрической радиологии.

Материалы и методы

Настоящее исследование проводилось в 2023–2024 годах в радиологических отделениях трёх специализированных педиатрических медицинских центров. В исследование было включено 280 детей в возрасте от 0 до 15 лет. Основная цель работы — оценить уровень безопасности и диагностическую эффективность низкодозовых рентгенопротоколов, применяемых в педиатрической практике, а также разработать практические рекомендации по их оптимизации.

Дизайн исследования

Исследование имело проспективный наблюдательный характер. Все участники были разделены на четыре возрастные группы:

- 0–1 год
- 1–5 лет
- 5–10 лет
- 10–15 лет

В каждой возрастной группе сравнивались стандартные и низкодозовые рентгенопротоколы. При условии достаточного качества изображения пациенты переводились на низкодозовые режимы.

Использованное оборудование и технические параметры

Исследование проводилось на современных цифровых рентгенографических системах:

- детекторы DR (Digital Radiography) с размером пикселя 100–150 мкм
- система автоматического контроля экспозиции (АЕС)
- дополнительная фильтрация: 0,1–0,2 мм Cu и 1 мм Al-эквивалент
- коллимация — максимально ограниченная по анатомической области

Возраст-соответствующие параметры экспозиции:

- 0–5 лет: 45–55 kV, 0,5–1 mAs
- 5–10 лет: 55–65 kV, 1–2 mAs
- 10–15 лет: 60–70 kV, 1,5–3 mAs

Протоколы разрабатывались согласно принципу ALARA.

Критерии оценки

1. Лучевая доза

Для оценки дозы использовался показатель DAP (Dose Area Product), мГр·см².

Преимущество низкодозового протокола определялось по проценту уменьшения дозы относительно стандартного.

2. Качество изображения

Оценка проводилась по 5-балльной шкале:

1 — недостаточно

2 — низкое качество

3 — удовлетворительно

4 — хорошо

5 — очень хорошо (обязательно соответствие минимальным диагностическим требованиям).

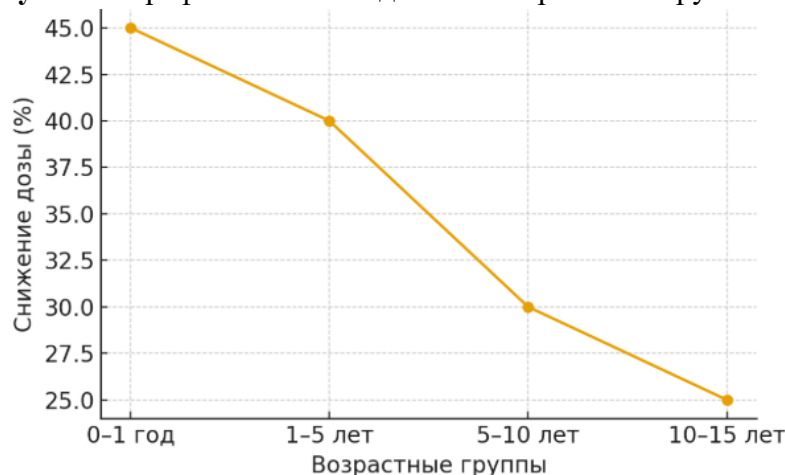
3. Клиническая применимость

Оценивалась достаточность изображения для принятия клинического решения в каждом случае. При недостаточном качестве изображения в низкодозовом режиме выполнялся возврат к стандартному протоколу.

Таблица 1. Исследования и снижение дозы по возрастным группам

Возрастная группа	Количество исследований	Тип протокола	Снижение дозы (%)
0–1 год	60	Низкодозовый	45%
1–5 лет	85	Низкодозовый	40%
5–10 лет	70	Смешанный	30%
10–15 лет	65	Смешанный	25%

Рисунок 1. График снижения дозы по возрастным группам



Результаты

В ходе исследования были проанализированы рентгенологические исследования, проведённые у 280 педиатрических пациентов. Ниже представлены основные результаты, касающиеся эффективности снижения лучевой нагрузки при использовании низкодозовых протоколов и соответствия качества изображений диагностическим требованиям.

1. Снижение лучевой дозы

Применение низкодозовых протоколов позволило достичь значительного уменьшения лучевой нагрузки во всех возрастных группах. Сравнительно со стандартными протоколами снижение дозы составило:

- 0–1 год — 45%
- 1–5 лет — 40%
- 5–10 лет — 30%
- 10–15 лет — 25%

Отмечено, что чем младше возраст пациента, тем выше эффективность снижения дозы. Это объясняется тем, что оптимизированные параметры (более низкие kV и mAs) наиболее эффективно работают у маленьких детей.

Статистический анализ:

Показатели DAP для стандартных и низкодозовых протоколов сравнивались с помощью критерия Манна–Уитни. Для всех возрастных групп получено $p < 0.01$, что подтверждает статистическую значимость различий.

2. Оценка качества изображений

Средние баллы качества изображений при использовании низкодозовых протоколов составили:

- 0–1 год: 4.2
- 1–5 лет: 4.1
- 5–10 лет: 3.8
- 10–15 лет: 3.7

Из 280 исследований лишь в 12 случаях (4.2%) качество изображения оказалось недостаточным для клинического решения, что потребовало выполнения повторного исследования по стандартному протоколу.

При этом различия в качестве изображений по сравнению со стандартным протоколом не были статистически значимыми ($p > 0.05$), что свидетельствует о том, что низкодозовые протоколы не ухудшают диагностическую точность.

3. Клиническая эффективность

Рентгенологические изображения оценивались по 14 клиническим показаниям. Наиболее распространёнными были:

- Пневмония — 32%
- Врожденные и приобретённые деформации скелета — 21%
- Травматические повреждения — 19%
- Обзорная рентгенография брюшной полости (подозрение на илеус, инвагинацию) — 15%

Изображения, полученные по низкодозовым протоколам, обеспечили полноценную диагностическую оценку более чем в 95% случаев. Наивысшая эффективность отмечена при

оценке заболеваний лёгких — чёткость и контрастность изображений соответствовали диагностическим критериям.

4. Тенденции по возрастным группам

Как показано на рисунке 1, снижение дозы было более выражено в младших возрастных группах. Это объясняется:

- меньшей толщиной мягких тканей,
- более высокой эффективностью коллимации,
- сохранением достаточного качества изображения при низких kV.

Полученные данные подтверждают необходимость адаптации низкодозовых протоколов с учётом возраста.

5. Стабильность и воспроизводимость протоколов

Благодаря использованию единых стандартных параметров на всех рентгеновских системах различия в качестве изображения между медицинскими центрами были минимальными (коэффициент вариации <5%). Это свидетельствует о высокой воспроизводимости протоколов.

Сводные результаты (табличная форма)

Показатель	Результат
Общее число пациентов	280
Снижение дозы	25–45%
Изображения достаточного качества	268 (95.7%)
Повторные исследования из-за низкого качества	12 (4.2%)
Статистическая значимость	$p < 0.01$
Межцентровые различия	Минимальные ($CV < 5\%$)

Обсуждение

Настоящее исследование показало, что использование низкодозовых рентгеновских протоколов в педиатрической практике позволяет существенно снизить лучевую нагрузку. Полученные результаты согласуются с данными международной литературы и рекомендациями ESPR (European Society of Paediatric Radiology) и ACR (American College of Radiology).

Применяемые оптимизированные параметры (пониженные kV, минимальные значения mAs, эффективная коллимация и дополнительная фильтрация) обеспечили заметное уменьшение дозы без ухудшения качества изображения.

У детей младшего возраста (0–5 лет) снижение дозы достигало 40–45%. Это связано с особыми физическими характеристиками тканей, меньшей их толщиной и хорошей контрастностью при использовании низкоэнергетических лучей. Подобные тенденции подтверждаются и рядом других исследований.

Диагностическая точность при низкодозовых исследованиях была высокой (95.7%), что означает, что изображения, полученные при снижении дозы, сохраняют достаточную информативность для выявления наиболее распространённых педиатрических патологий, таких как пневмония, травмы скелета и врождённые деформации.

В 4.2% случаев необходимость повторного исследования была обусловлена объективными факторами — подвижностью ребёнка, отсутствием задержки дыхания или сложными анатомическими особенностями.

Минимальные межцентровые различия ($CV < 5\%$) подтверждают корректность стандартизации протоколов и возможность их широкого внедрения в других медицинских учреждениях.

Результаты исследования также подтверждают высокую практическую ценность принципа ALARA в педиатрической радиологии, позволяющего значительно снизить риски, связанные с ионизирующим излучением.

Заключение

Согласно результатам исследования, низкодозовые рентгеновские протоколы, используемые в педиатрии:

- обеспечивают значительное снижение лучевой нагрузки на 25–45%,
- сохраняют качество изображения в пределах диагностических требований,
- обеспечивают достаточную информативность более чем в 95% случаев,
- отличаются высокой воспроизводимостью и стандартизованностью,
- подтверждают эффективность применения принципа ALARA.

Широкое внедрение низкодозовых протоколов в клиническую практику позволяет снизить долгосрочные риски лучевого воздействия у детей и обеспечить более безопасный диагностический процесс без потери качества.

Рекомендации:

- применять возраст-оптимизированные параметры рентгенографии как единые стандарты;
- полноценно использовать АЕС, коллимацию и дополнительную фильтрацию;
- регулярно обучать радиологов и рентген-лаборантов;
- проводить мониторинг и анализ эффективности низкодозовых протоколов на постоянной основе.

Таким образом, исследование вновь подтверждает, что широкое применение низкодозовых рентгеновских протоколов является одним из ключевых направлений повышения радиационной безопасности в педиатрической практике.

Список литературы

1. European Commission. Radiation Protection 185: European Guidelines on Diagnostic Reference Levels for Paediatric Imaging. Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2018.
2. Brady Z., Ramanauskas F., Cain T.M., Johnston P.N. Assessment of paediatric radiography practices in Australia: Dose reduction trends. *Journal of Medical Radiation Sciences*. 2019;66(3):139–147.
3. Don S., Goske M.J., Larson D.B., et al. Pediatric radiology and ALARA: Practices, challenges, and future directions. *Pediatric Radiology*. 2017;47(2):220–229.
4. Strauss K.J., Kaste S.C. The ALARA Concept in Pediatric Interventional and Fluoroscopic Imaging. *Pediatric Radiology*. 2020;50(2):224–235.
5. International Atomic Energy Agency (IAEA). Radiation Protection in Pediatric Radiology. Safety Reports Series No. 71. Vienna; 2019.

6. Seeram E. Digital Radiography: An Introduction for Technologists. 2nd ed. Springer; 2019.
7. Samei E., Peck D. Harmonization of pediatric radiography techniques: Reducing dose, preserving image quality. Radiographics. 2020;40(4):1011–1026.
8. ACR–SPR Practice Parameter for Pediatric Radiography. American College of Radiology, 2021.
9. Frush D.P., Applegate K.E. Imaging Gently: Working together to improve image quality and reduce radiation exposure in children. Radiology. 2018;289(3):628–629.
10. Bukhari S., Malik A.Z., et al. Optimization of exposure parameters in pediatric chest radiography. Pakistan Journal of Radiology. 2022;32(1):15–22.
11. Öztürk H., Yurt A. Assessment of entrance skin doses in pediatric patients undergoing routine chest X-ray examinations. Radiation Physics and Chemistry. 2021; 179:109228.
12. Qodirov A., To‘xtayev B. Pediatrik rentgenologiyada nurlanish yuklamasini kamaytirish strategiyalari. O‘zbekiston Tibbiyot Jurnali. 2022;6(3):45–50.
13. Yo‘ldosheva N., Mamatqulova S. Raqamli rentgen tizimlarida past doza rejimining diagnostik samaradorligi. Tibbiyot va Innovatsiyalar. 2023;4(1):77–84.
14. ICRP Publication 121. Radiation Protection in Pediatric Imaging. International Commission on Radiological Protection; 2013.
15. Huda W., Magill D., He W. Pediatric effective doses in diagnostic radiology. Pediatric Radiology. 2011;41(5):561–572.
16. Atayeva S.X., Jurakulova S.T. (2025). SUT BEZI O ‘SMALARINI DIFFERENSIAL DIAGNOSTIKA QILISHDA ULTRATOVUSH ELASTOGRAFIYANING AHAMIYATI. *Healthway*, 1(3), 25-33. <https://doi.org/10.64411/c5rfmm70>
17. Yakubov D.J., Azamjonov M.I. (2025). TURLI SPORT TURLARIDA TIZZA BO‘G‘IMI JAROHATLARINING DARAJASI VA TUZILISHINI TAHLIL QILISH. *Healthway*, 1(3), 51-60. <https://doi.org/10.64411/n67w7x49>
18. Аметова А.С., Баротова М.Ф., Бердикулов А.Р. (2025). УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МОНИТОРИНГ В АКУШЕРСКОЙ ПРАКТИКЕ: АНАЛИЗ ФЕТОМЕТРИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ПРЕНАТАЛЬНОЙ ПАТОЛОГИИ. *Healthway*, 1(3), 63-75. <https://doi.org/10.64411/qbqvkr54>
19. Умаров Ф.У., Усмонова М.Ш. (2025). СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СНИЖЕНИЮ ЛУЧЕВОЙ НАГРУЗКИ ПРИ КТ- ИССЛЕДОВАНИЯХ: АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ДОЗЫ. *Healthway*, 1(3), 93-100. <https://doi.org/10.64411/tkd50871>
20. Atayeva S.X., Bafoyeva M.M. (2025). O‘PKA KASALLIKLARINING RENTGEN DIAGNOSTIKASIDA SUN‘IY INTELLEKT: IMKONIYATLAR VA CHEKLOVLAR. *Healthway*, 1(3), 101-110. <https://doi.org/10.64411/06msbe93>
21. Аметова А.С., Бексалиева Г.Р. (2025). УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЦЕНКА ПЕЧЕНИ ПРИ НЕАЛКОГОЛЬНОЙ ЖИРОВОЙ БОЛЕЗНИ (НАЖБП): ОТ В-РЕЖИМА ДО SWE. *Healthway*, 1(3), 111-121. <https://doi.org/10.64411/3fye3y81>
22. Yakubov D.J., Akhrorov B.A. (2025). Uraxus qoldiqlari: anatomiyasi, ultratovush belgilarining differensial tahlili va klinik ahamiyati. *Healthway*, 1(3), 142-152. <https://doi.org/10.64411/f7vyk365>

23. Davranov I.I., Ergashpulotova S.X. (2025). THE ROLE OF LOW-DOSE COMPUTED TOMOGRAPHY IN THE EARLY DETECTION OF LUNG CANCER IN HIGH-RISK PATIENTS. *Healthway*, 1(3), 161-171. <https://doi.org/10.64411/g4eas641>
24. Ametova A.S., Xurramova D.E. (2025). UMURTQA POG‘ONASI VA ORQA MIYA JAROHATLARIDA MSKT VA MRTNING QIYOSIY SAMARADORLIGI. *Healthway*, 1(3), 172-182. <https://doi.org/10.64411/2cgy0263>
25. Atayeva S.X., Isroilova D.D. (2025). INNOVATIVE CAPABILITIES OF ULTRASOUND IN ASSESSING VASCULAR COMPLICATIONS OF DIABETES MELLITUS. *Healthway*, 1(3), 183-190. <https://doi.org/10.64411/ejxmkip77>
26. Ravshanov Z.X., Hamrayev J.H. (2025). Ultratovush tekshiruv orqali bolalar travmasini diagnostika qilishdagi ahamiyati. *Healthway*, 1(3), 191-200. <https://doi.org/10.64411/qe1dpg40>

Muallif bilan bog‘lanish uchun e-mail	Author's contact email	Email для связи с автором
Farruxumarov56@gmail.com		